

산란기 도루묵(*Arctoscopus japonicus*) 암컷의 자망에 대한 망목선택성

박해훈* · 정의철 · 배봉성 · 양재형 · 최수하¹ · 이성일

국립수산과학원 동해수산연구소 어업자원팀, ¹강릉대학교 해양생명과학부

Mesh selectivity of gill net for female Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in spawning season

Hae-Hoon PARK*, Eui-Cheol JEONG, Bong-Seong BAE, Jae Hyeong YANG,
Soo Ha CHOI¹ and Sung Il LEE

Fisheries Resources Research Team, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI,
Gangwon-do 210 – 861, Korea

¹Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University,
Gangwon-do 210 – 702, Korea

The mesh selectivity of gill net for Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) caught in the East Sea, Korea was described. The experiment was conducted with five different kinds of mesh size (39.4, 45.5, 51.5, 53.0, 57.6mm) between November and December 2006 in spawning season. The catch was mostly Japanese sandfish (93.3%) and some others (6.7%), and almost all of the female Japanese sandfish were larger than the fork length at 50% maturity (16.7cm). The selection curve for the female Japanese sandfish caught from the experiments was fitted by the Kitahara's method to a polynomial equation which was $s(R) = \exp\{(0.2584R^3 - 5.3445R^2 + 32.269R - 59.868) - 0.6585\}$ where $R = l/m$, and l and m are fork length and mesh size, respectively.

Key words : Selectivity, Gill net, Kitahara's method, Japanese sandfish

서 론

근래 수산자원의 심각한 감소 상태로 인하여
해역별로 수산자원 회복을 위해 여러 가지 방안

이 실행되고 있다. 동해안에서는 도루묵을 시범
회복 대상 어종으로 정하여 조사, 연구하고 있
다. 도루묵은 한국 동해안에서 트롤, 기선저인

*Corresponding author: hhpark@nfrdi.re.kr, Tel: 033-660-8525, Fax: 033-661-8513

망, 자망 등으로 어획하고 있다. 도루묵의 어획은 1997년까지는 동해구 트롤과 저인망어업의 어획비율이 60%이상을 차지하였으나, 그 이후 연안 자망어업에 의한 어획 비율이 점차 증가하여 2003년에는 59%까지 증가하였다.

자망에 의한 도루묵의 어획은 주로 강원도의 고성, 속초, 양양, 강릉, 동해, 삼척 지역에서 소형 어선(10톤 미만)으로 행해지고 있는데, 대부분이 산란 시기에 포획한 도루묵을 대상으로 조업하고 있으나, 삼척에서는 수컷 도루묵을 대상으로 조업하고 있었다. 조업 시기는 전체적으로는 10월초부터 다음해 1월말까지이나, 강원도의 남부에서는 북부보다 상대적으로 조금 일찍 시작해서 일찍 마쳤고, 북부 지역에서는 조금 늦게 시작해서 늦게 마치는 경향이었으며, 삼척에서는 5월경 조업하였다.

자원 보호를 위한 연안 어구의 개발로서 자망이나 통발 어구의 선택성에 대해서는 가자미류나 대게, 전어, 빨간횃대 등에 대해 국내외에서 많은 연구가 이루어졌다(Losanes, 1992; Fujimori et al., 1996; Tokai et al., 1996; Wileman et al., 1996; Cho et al., 2000; Kim and Lee, 2002; Park et al., 2003, 2004a; Park et al., 2004b, 2007; Jo et al., 2006).

본 논문에서는 동해안에서 연안자망으로 겨울에 알을 품은 성어 도루묵을 대상으로 나일론 복합사 및 경심으로 만든 망목 크기가 다른 5종류의 자망을 사용하여 어획실험을 실시하였고 그 실험결과에 대해 Kitahara의 방법을 적용하여 그물코 크기에 따른 도루묵의 자망에 대한 망목 선택성을 구하여 지속적인 어업과 합리적인 자원관리 및 자원회복과 관련된 자망 어구의 기초 자료를 구하고자 하였다.

자료 및 방법

실험방법

망목선택성 실험은 한국 동해안의 고성군 거진의 인근 해역에서 연안성 어족인 도루묵을 대

상으로 현지 어민들이 사용하고 있는 자망 어구를 기준으로 동일하게 제작하여 실시하였다. 실험은 2006년 11월부터 12월 사이에 총 4차례에 걸쳐 현지 어선(대성호, 9.3G/T)을 용선하여 실시하였는데, 조업한 해역은 Fig. 1의 (a)와 같고, 이 해역에서 사용하는 자망 어구는 Fig. 1의 (b)와 같았다.

현지에서 사용하는 자망은 경심 그물로서 그물코의 크기는 주로 5.15cm(1치7푼)와 5.30cm(1치7푼5리)였으나, 양양 기사문항에서는 5.45cm인 그물을 사용하였다. 본 실험에서 사용한 자망 어구의 형태와 구조는 현지에서 사용하고 있는 자망 어구에서 망목 크기와 그물실 재료만 다르게 한 것으로, 그물감 재료는 나일론 복합사 및 경심 2종류를 사용하였고, 그물코 크기는 5종류

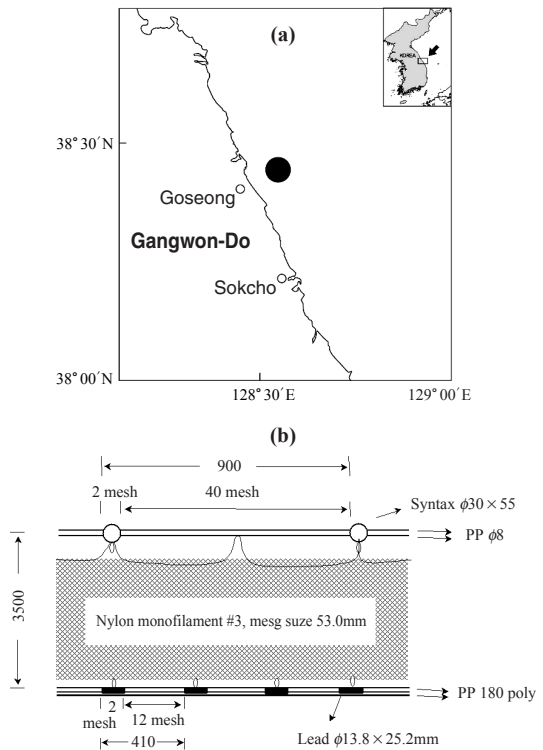


Fig. 1 (a). Experimental fishing area in the East Sea, Korea. (b). Specification of the gill net for Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in Goseong.

(39.4, 45.5, 51.5, 53.0, 57.6mm)였다. 1쪽의 크기는 뜰줄 길이가 75m, 깊이가 3.8m이었으며, 사용한 어구량은 10쪽을 1조로 구성하여 1회 2조(총 20쪽)씩 투망하였다. 조업은 11월과 12월에 각각 2회씩 투망작업을 실시하였다. 투망시 이들 그물코 크기가 5종류인 자망을 순차적으로 배열하여 투망하였으며, 침지 일수는 2일 정도 침지시킬 예정이었으나, 11월에는 기상 불량으로 3~4일만에 양망하게 되었고, 양망 때 경심으로 만든 자망 어구가 반 넘게 유실되었는데, 이것은 타 조업선 어구와의 얽힘으로 인하여 절단된 것으로 추정되었다. 따라서 12월에는 이것을 예방하기 위하여 어구를 투망한 후 다음날 양망하였다. 어획된 도루묵은 망목 크기별로 가랑이 체장을 0.1cm 단위로 측정하였고, 중량은 접시 저울로 5g 단위로 측정하였다.

망목선택성 곡선 추정법

망목선택성 곡선을 추정하는 데는 Baranov가정한 기하학적인 상사를 이용하여 구한 Kitahara에 의한 방법을 사용하였다. 즉, 어떤 크기의 어체가 어떤 망목 크기에 대해 어획될 확률은 망목의 크기가 k배 커지고 어체의 체장도 k배 커진 경우의 어획확률과 동일하다고 가정하였는데, Kitahara는 체장 l 을 망목 크기 m 으로 표준화시켜서 상대체장 l/m 을 변수로 하여 선택성 곡선 $S(l_i/m_i)$ 를 다음과 같이 구하였다(Kitahara, 1968).

$$\begin{aligned} S(m, l) &= s(l_i/m_i) \\ S(km, kl) &= s(kl_i/km_i) = s(l_i/m_i) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, k 는 비례상수이다. 그리고 단위노력당 어획마리수 c_{ij} 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$c_{ij} = C_{ij}/X_i = s(l_j/m_i) \cdot q_i \cdot d_j \quad (2)$$

여기서, C_{ij} 는 망목 크기가 m_i 인 그물에 체장 l_j 인 고기가 어획된 마리수이고, X_i 는 어구의 어획노력량으로 망목 m_i 의 사용량 등이다. 어구 구조의

차이나 침지시간 등 조업 조건의 영향을 나타내는 망목 크기 m_i 인 어구의 어획효율은 q_i 이고, 체장계급 j 의 자원밀도는 d_j 이다. 양변에 대수를 취하면 다음 식(3)이 성립한다.

$$\ln s(l_j/m_i) = \ln c_{ij} - \ln(q_i \cdot d_j) \quad (3)$$

이 식의 두 번째항은 어획효율이나 자원밀도와 관련된 보정치이다. 이 값은 처음에 Kitahara가 마스터 곡선을 정할 때 주관적으로 결정하였으나, 객관성을 주기 위하여 Fujimori et al.(1996)은 삼중자망의 경우에 대해 다음과 같은 다항식을 적용하였다.

$$\ln s(R) = a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0 \quad (4)$$

단, $R = l_j/m_i$ 이다. 상대효율의 최대치를 1로 둘 때, 선택성 곡선 $s(R)$ 은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} s(R) &= \exp\{(a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots \\ &\quad + a_0) - F_{\max}\} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, F_{\max} 는 식(4)의 최대값이다.

결과 및 고찰

2006년 11월부터 12월 사이에 강원도 고성군 거진 연안에서 어획시험한 그물 재질은 나일론 복합사(multifilament)와 경심(monofilament)의 2종류이었고, 망목 크기가 5종류인 자망으로 4회의 어획시험을 실시한 결과 중, 11월에 기상상태가 불량하여 정해진 날짜에 양망하지 못했으며, 양망시 타 어구와의 얽힘에 의한 절단으로 상당수의 어구가 유실되었으며 어획물은 살이 없이 뼈만 남은 도루묵들이 많았다. 따라서 여기에서는 12월에 어획된 어획물에 대해서만 분석하였는데, 어획물 중 암컷은 대부분 포란한 도루묵이었고, 기타 어종은 아주 소량이었다. 자망의 명목상 망목 크기 39.4mm, 45.5mm, 51.5mm, 53.0mm, 57.6mm를 디지털 버니어 캘

리퍼스로 측정된 결과, 각각 37.7mm, 44.7mm, 50.8mm, 52.2mm, 55.1mm이었다.

도루묵 자망에 의한 도루묵과 기타 어종과의 어획(중량) 비율은 도루묵이 93.3%, 기타 어종이 6.7%를 차지하였다. 기타 어종은 노래미, 살오징어, 대구횃대, 빨간횃대, 개불락, 양미리, 조피불락, 쥐노래미 등이었다. 망목크기가 39.4mm인 나일론 복합사와 경십에 의한 단위 폭당 도루묵 어획량은 전자가 59.9%, 후자가 40.1%를 차

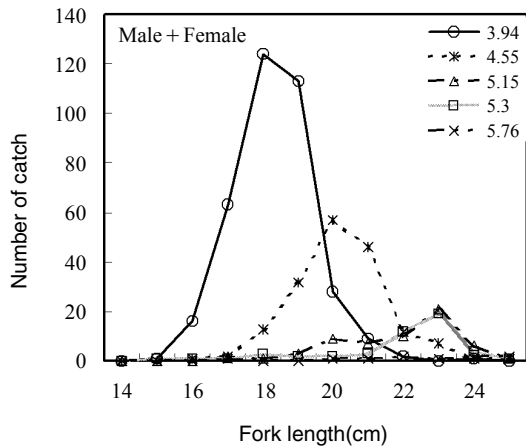


Fig. 2. Size frequency distribution using fork length of Japanese sandfish caught by a gill net in several mesh size.

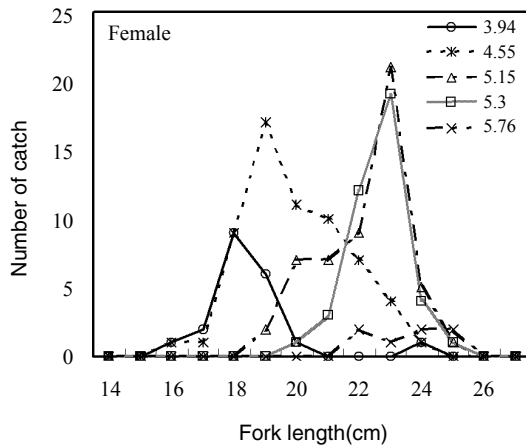


Fig. 3. Size frequency distribution using fork length of the female Japanese sandfish.

지하여 나일론 복합사로 만든 그물에서 어획이 많았으나, 자망 그물로부터 고기를 추려내고 어구를 정리하는 작업면에서는 불편하고 시간이 많이 걸려 현장에서는 잘 사용하지 않았다.

어획된 전체 도루묵(암수)의 체장조성은 Fig. 2와 같았다. 망목크기 39.4mm에서 상대적으로 작은 어체가 아주 많이 어획되었는데 이것은 상당수가 수컷이었고, 망목이 커질수록 어체가 큰 것이 어획되나 마리수는 감소하는 것을 알 수 있다. 도루묵의 자원회복에 매우 중요한 암컷만의 체장조성은 Fig. 3에 나타나 있다. 도루묵의 생물학적 성숙 체장(FL)은 16.7cm로 알려져 있는데, 산란을 위해 연안으로 들어온 암컷은 Fig. 3과 Table 1에 나타낸 바와 같이 대부분 이것보다 큰 어체였다. Fig. 3에 의하면, 망목이 39.4mm인 그물에서 포란한 도루묵 중 가랑이체장이 20cm보다 작은 어체가 많이 어획된 것에 비해, 망목이 45.5mm인 자망그물에서는 이 보다 큰 어체가 많이 잡힌 것을 알 수 있다. 망목 크기가 51.5mm인 그물에서 어획 마리수가 가장 많았고, 가랑이체장 조성도 18cm부터 23cm인 어체가 많아 망목 크기 45.5mm 그물 보다 상대적으로 큰 어체가 어획되었다. 망목 크기가 53.0mm인 그물에서는 51.5mm의 경우와 같이 큰 도루

Table 1. Length frequency distribution of Japanese sandfish caught by gill net

Length group* (cm)	Mesh size (cm)				
	3.94	4.55	5.15	5.30	5.76**
14-16	1	1	0	0	-
16-18	11	10	0	0	-
18-20	7	28	9	1	-
20-22	0	17	16	15	2
22-24	1	5	26	23	3
24-26	0	0	1	1	2
Total	20	61	52	40	7
Date of soak time	1	1	1	1	3
No. of panel	7	6	10	8	1

* Fork length of Japanese sandfish was measured.

** While the gill net of mesh size 5.76cm was soaked for three days owing to rough weather in late Nov. 2006, others for one day in Dec. 2006.

목의 어획량은 거의 같으나, 가랑이체장이 21cm 이하인 어체의 어획은 다소 감소하였다. 망목이 57.6mm인 자망에서는 어획량이 많이 감소하였으나, 어체 크기는 상대적으로 큰 어체만 어획되었다.

망목 크기에 따른 단위노력당(일일 단위폭당) 어획중량이 Fig. 4에 나타나 있다. 어획중량은 망목이 4.55cm인 그물에서 어획이 가장 많았으나, Fig. 3에서 보는 바와 같이 소형 개체가 많았

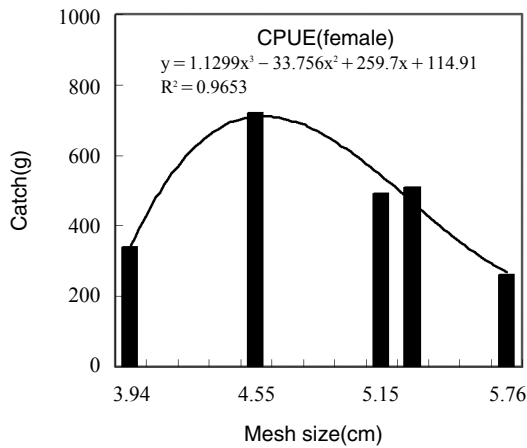


Fig. 4. Catch per unit effort of gill net for Japanese sandfish in mesh size.

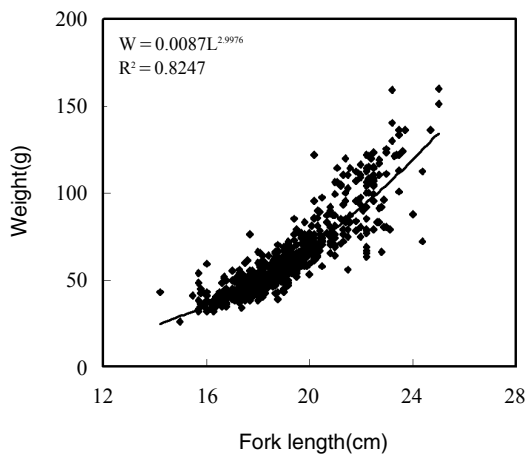


Fig. 5. Relationship between fork length and weight of Japanese sandfish.

으며, 그물코 크기가 5.15cm 및 5.30cm에서는 중량면에서 별 차이가 없었다. 망목 크기 x (cm)와 어획중량 y (g)와의 관계식은 다음과 같았다.

$$y = 1.1299x^3 - 33.756x^2 + 259.7x + 114.91 \quad (3.94 < x < 5.76) \quad (6)$$

$(R^2 = 0.9653)$

본 조사에서 어획된 도루묵 암컷의 가랑이체장(L) 범위는 15.8 - 25.0cm이었고, 체중(W)의 범위는 40 - 160g이었다. 이들의 관계는 Fig. 5에 나타내었으며, 그 관계식은 다음과 같았다.

$$W = 0.0087 \times L^{2.9976}, \quad (R^2 = 0.8247) \quad (7)$$

망목 크기별 어체 체장별 어획 자료는 Table 1에 나타내었는데, 이 자료를 기초로 하여 Kitahara의 방법으로 3차식으로 적합시켜 구한 마스터 곡선은 Fig. 6과 같았고, 추정된 선택성 곡선식은 식(8)과 같았다.

$$s(R) = \exp\{(0.2584R^3 - 5.3445R^2 + 32.269R - 59.868) - 0.6585\} \quad (8)$$

단, $R = l/m$. 여기서 선택률이 1이 되는 R의 값은 4.463이었다. 이 마스터 곡선식을 망목 크기별로 도루묵의 가랑이체장에 따라 선택성을 나타낸

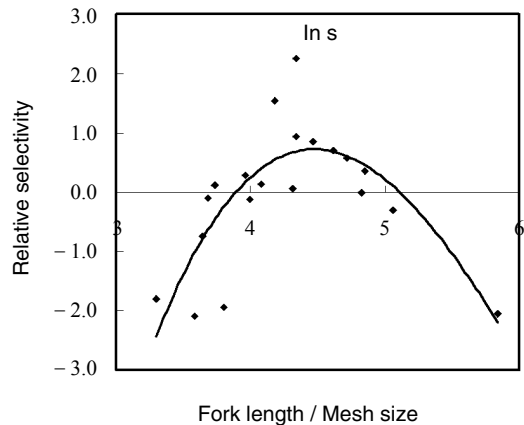


Fig. 6. Master curve (in logarithm) and data points of mesh selectivity of gill net for Japanese sandfish.

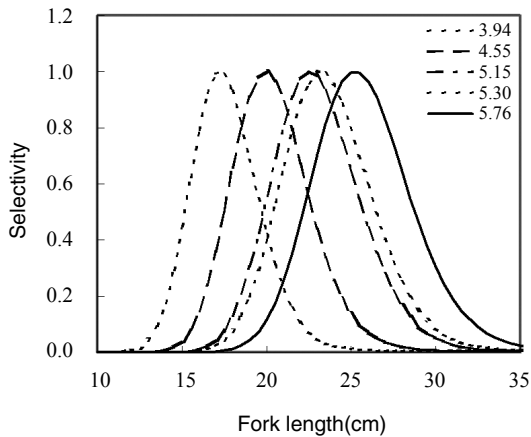


Fig. 7. The selectivity of gill net for Japanese sandfish in mesh size.

것이 Fig. 7이다.

도루묵의 어획과 관련하여 Fig. 3의 그래프에서 망목 크기가 51.5mm와 53.0mm에서 많이 어획된 도루묵의 큰 어체 크기분포는 차이가 없었고, 다소 작은 어체가 51.5mm 망목에서 더 어획되었으며, 어획중량 면에서는 Fig. 4에서 별 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 또한, 강원도 양양 지역에서는 망목 크기가 더 큰 54.5mm인 그물을 쓰는 것을 감안하면, 51.5mm 이하의 망목은 쓰지 않고 망목 크기가 53.0mm 이상의 그물을 쓰는 것이 어획량 면에서 큰 손실 없이 상대적으로 큰 어체를 잡을 수 있어, 어가 면에서 유리한 값을 받을 수 있을 것으로 보이며, 또한 자원 보호와 회복 차원에도 좋을 것이라 사료된다.

자원회복을 효율적으로 실현하기 위해서는 자원량 파악과 어획량의 예측도 필요하며, 어획량 같은 양적인 규제뿐만 아니라 망목 크기 같은 질적인 규제를 동시에 실시할 필요가 있을 것이다(Park, 1998). 그리고 자원이 한번 감소된 어류가 다시 회복하는 데 필요한 시간은, 감소하는데 소요된 시간보다 더 오랜 시간이 필요하기 때문에 미리 감소되지 않도록 주의를 기울여야 할 것이다.

결론

본 논문에서는 연안 자망으로 겨울철 성어 도루묵을 대상으로 나일론 복합사와 경심으로 만든 망목 크기가 다른 5종류(39.4, 45.5, 51.5, 53.0, 57.6mm)의 자망을 사용한 어획실험으로부터 Kitahara의 방법을 적용하여 그물코 크기에 대한 암컷 도루묵의 자망에 대한 망목선택성을 구하여 합리적인 자원관리에 관한 기초 자료를 구하고자 하였다. 자망으로 어획한 도루묵과 기타 어종의 어획중량 비율은 도루묵이 93.3%, 기타 어종이 6.7%를 차지하였다. 기타 어종은 노래미, 살오징어, 대구횃대, 빨간횃대, 개불락, 양미리, 조피불락, 쥐노래미 등이었다. 그물코 크기가 39.4mm인 나일론 복합사와 경심에 의한 단위 폭당 어획량은 전자가 59.9%, 후자가 40.1%를 차지하여 나일론 복합사로 만든 그물에서 어획량은 많았으나, 어획물과 어구를 정리하는 작업면에서 불편하고 시간이 많이 소요되어 현장에서는 잘 사용하지 않았다. 어획된 도루묵 암컷의 가랑이체장(L) 범위는 15.8 - 25.0cm이었고, 체중(W)의 범위는 40 - 160g이었으며, 이들의 관계식은 $W = 0.0087 \times L^{2.9976}$ 이었다. 망목 크기에 따른 단위노력당 어획중량은 망목이 45.5mm인 그물에서 어획이 가장 많았으나 소형 개체가 많았고, 51.5mm 및 53.0mm에서는 별다른 차이가 없었다. 망목 크기 x (cm)와 어획중량 y (g)과의 관계식은 $y = 1.1299x^3 - 33.756x^2 + 259.7x + 114.91$ ($3.94 < x < 5.76$)로 나타났다. Kitahara의 방법으로 추정된 도루묵 자망의 무차원화된 망목선택성 곡선식은 $s(R) = \exp\{(0.2584R^3 - 5.3445R^2 + 32.269R - 59.868) - 0.6585\}$ 이었으며, 망목크기와 도루묵 크기로부터 추정된 선택성 곡선에서 망목이 커지면 가랑이체장이 증가하므로, 5.30cm 이상의 자망 그물을 사용하는 것이 어획량 면에서 별다른 손실 없이 상대적으로 큰 어체를 어획하여 어가 면에서 유리한 값을 받을 수 있을 것이고 자원회복 차원에도 좋을 것으로 판단된다.

사 사

본 논문의 실험결과에 대한 결론에 중요한 조언을 주시고, 그림과 문장을 자세하게 검토하여 주신 심사위원님과 편집위원님께 감사드립니다. 본 논문은 국립수산과학원(도루묵 자원회복)에 관한 연구, RP-2007-FE-002)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Cho, Y.B., C.D. Park and J.H. Lee, 2000. A study on the selectivity of the mesh size in trammel net for Cynoglossidae spp. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 36(2), 89 – 95.
- Fujimori, Y., T. Tokai, S. Hiyama and K. Matuda, 1996. Selectivity and gear efficiency of trammel nets for kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). Fisheries Research 26, 113 – 124.
- Jo, H.S., D.H. An, J.R. Koh, Y.S. Kim and C.D. Park. 2006. Relative efficiency and mesh selectivity of monofilament and twisted multifilament nylon gill net for Pacific saury, *Cololabis saira*. in the Northwest Pacific Ocean. J. Kor. Soc. Fish. Tech, 42(4), 195 – 202.
- Kim, S.H. and J.H. Lee, 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 38(2), 91 – 100.
- Kitahara, T., 1968. On sweeping trammel net (*Kogisiasiami*) fishery along coast of the San' in district – III. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for Branquillos. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 34, 759 – 763.
- Losanes, L.P., K. Matuda and Y. Fujimori, 1992. Estimating the entangling effect of trammel and semi-trammel net selectivity on rainbow trout. Fisheries Research 15, 229 – 242.
- Park, C.D., C.H. An, S.K. Cho and C.I. Baik, 2003. Size selectivity of gill net for male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 39, 143 – 151.
- Park, C.D., E.C. Jeong, J.K. Shin, H.C. An and Y. Fujimori, 2004a. Mesh selectivity of encircling gill net for gizzard shad *Konosirus punctatus* in the coastal sea of Korea. Fisheries Science, 70, 553 – 560.
- Park, H.H., 1998. Analysis and prediction of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) landings in Korea by time series analysis. Fisheries Research 38(1), 1 – 7.
- Park, H.H., E.C. Jeong, H.C. An, C.D. Park, H.Y. Kim, J.H. Bae, S.K. Cho and C.H. Baik, 2004b. Mesh selectivity of drum net fish trap for Elkhorn sculpin (*Alicichthys alcicornis*) in the Eastern Sea of Korea. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40, 247 – 254.
- Park, H.H., R.B. Millar, H.C. An and H.Y. Kim, 2007. Size selectivity of drum-net traps for whelk (*Buccinum opisoplectum dall*) in the Korean coastal waters of the East Sea. Fisheries Research, 86, 113 – 119.
- Tokai, T., S. Omoto, R. Sato and K. Matuda, 1996. A method of determining selectivity curve of separator grid. Fisheries Research 27, 51 – 60.
- Wileman, D.A., R.S.T., Ferro, R. Fonteyne and R.B. Millar, 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative Research Report, No. 215, pp. 126.

2007년 6월 19일 접수
2007년 9월 7일 수리